

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Ipar 4.0 támogató gépi tanulási, folyamatmodellezési és optimalizációs algoritmusok fejlesztése

Rácz-Szabó András

Pannon Egyetem
Vegyésmérnöki és Anyagtudományok Doktori Iskola

Témavezetők:
Abonyi János, DSc
Ruppert Tamás, PhD



Mérnöki Kar
Pannon Egyetem
Magyarország
2024. december

1 Bevezetés és a kutatás célja

A pozícióadatok elemzése kulcsszerepet játszik térbeli és időbeli folyamatok megértésében és optimalizálásában számos területen. Annak ellenére, hogy jelentős potenciállal rendelkeznek, a hagyományos módszerek gyakran nem alkalmasak a hatékonysági problémák és munkafolyamatok optimalizálásának teljes körű megoldására. Ezen kihívások leküzdése érdekében ez az értekezés öt algoritmust mutat be, amelyek a pozícióadatokat adatvezérelt tudományos módszerekkel integrálják, hatékonyabb elemzést és döntéshozatalt lehetővé téve.

Különböző esettanulmányokon keresztül az algoritmusok adaptálhatósága és potenciálja kerül bemutatásra, amelyek támogatják a logisztika, gyártás, városi közlekedés és erőforrás-elosztás területén működő döntéstámogató rendszerek fejlesztését.

Az első megközelítés a valós idejű helymeghatározási rendszer (RTLS) pozícióadatainak gyakorlati alkalmazhatóságára fókuszál a gyártási környezetekben. Adatbányászati és statisztikai módszerek alkalmazásával feltárhatók a belső logisztikai folyamatok mintázatai és hatékonysági problémái, ezáltal elősegítve a munkafolyamatok optimalizálását és az erőforrás-allokáció javítását.

A második megközelítés a helymeghatározási adatok pontosságának javítására koncentrálna egy adatrekonziliációs módszer bemutatásával. A pontosság növelésével biztosítható a folyamatfigyelő és döntéstámogató rendszerek megbízhatóbb működése.

A harmadik megközelítés az értékteremtő és nem értékteremtő tevékenységek azonosítására irányul, pozícióadatok felhasználásával, egy többretegű hálózati keretrendszer alkalmazásával. A módszer a New York-i taxiútvonal-optimalizálás során került bemutatásra, ahol a hálózati modellezés jelentősen csökkentette a várakozási időket, és alkalmas lehet intralogisztikai kihívások kezelésére is.

A negyedik megközelítés fejlett klaszterezési algoritmusokat, különösen a módosított DBSCAN-t alkalmazza logisztikai környezetben végzett tevékenységek osztályozására és optimalizálására. Az UWB-alapú pozícióadatok elemzésével a módszer csökkenti az állásidőt, javítja az erőforrások kihasználtságát, és támogatja az ellátási lánc hatékonyságát.

Az ötödik megközelítés a valós idejű helymeghatározási adatok felhasználásának lehetőségeit vizsgálja mikrologisztikai és anyagmozgatási folyamatokban, különös tekintettel a Reinforcement Learning (RL) és Markov-döntési folyamat (MDP) alkalmazására.

Ezek a módszerek demonstrálják a pozícióadatok és az adatvezérelt tudományos technikák átalakító potenciálját, különféle logisztikai és gyártási kihívások megoldásában. Az értekezés valódi esettanulmányokon keresztül szemlélteti az algoritmusok hatékonyságát, adaptálhatóságát, és azok szerepét az erőforrás-menedzsment, a működési hatékonyság és a döntéshozatali folyamatok javításában.

2 Kísérleti eszközök és technológiák

A pozícióadatokra alapozott algoritmusok hatékonysága különböző esettanulmányokon keresztül került bemutatásra, kiemelve azok alkalmazhatóságát különböző területeken. A módszerek az alábbi elemzésekhez lettek alkalmazva:

1. RTLS (valós idejű helymeghatározó rendszer) pozícióadatok felhasználása a gyártási folyamatok hatékonyságának javítására.

-
2. A pozícióadatok pontosságának növelése adatrekonziliációs megközelítés alkalmazásával.
 3. Értékteremtő és nem értékteremtő tevékenységek azonosítása pozícióadatok alapján, többretegű hálózati megközelítéssel.
 4. Értékteremtő és nem értékteremtő tevékenységek azonosítása pozícióadatok alapján DBSCAN-alapú klaszterezési és hálózatelemzési módszerrel.
 5. Mikrologisztikai és anyagmozgatási folyamatok optimalizálási lehetőségeinek feltárása valós idejű pozícióadatok alapján, különös tekintettel a megerősítéses tanulás és Markov-döntési folyamatok alkalmazására.

Ezek az esettanulmányok különböző algoritmusokat alkalmaznak a pozícióadatok elemzésére, bemutatva azok szerepét a folyamatok optimalizálásában és a teljesítmény javításában különböző alkalmazási területeken. Az algoritmusok implementálása és tesztelése MATLAB környezetben valósult meg.

3 Tézisek

1. Kifejlesztettem egy adatvezérelt megközelítést az RTLS pozícióadatok gyártási környezetekben történő felhasználására a folyamatoptimalizálás és a döntéshozatal támogatása érdekében.

- Bemutattam, hogyan integrálhatók az RTLS pozícióadatok a gyártási folyamatokba valós idejű betekintést nyújtva a folyamatoptimalizáláshoz és a döntéshozatalhoz.
- Esettanulmányokon keresztül demonstráltam, hogy az RTLS adatok hogyan javíthatják az operatív hatékonyságot az eszközök nyomon követése és monitorozása révén.
- Kifejlesztettem egy keretrendszert, amely adatvezérelt döntéstámogató rendszert kínál az RTLS adatok alapján.

Kapcsolódó publikációk:

1. Rácz-Szabó András, Ruppert Tamás, László Bántay, Andreas Löcklin, László Jakab és Abonyi János. "Real-time locating system in production management." *Sensors* 20, no. 23 (2020): 6766. [1]

2. Kifejlesztettem egy adatrekonziliációs megközelítést az RTLS pozícióadatok pontosságának növelésére, a folyamatok mélyebb betekintést biztosítva.

- Bemutattam, hogy az adatrekonziliációs technikák hogyan javítják az RTLS pozícióadatok pontosságát.
- Esettanulmányokkal demonstráltam, hogy a pontosabb adatok hogyan vezetnek jobb folyamatmonitorozáshoz és hibacsökkentéshez valós idejű működések során.
- Kifejlesztettem egy módszert az adatrekonziliáció RTLS rendszerekbe való integrálására az adatok folyamatos javítása érdekében.

Kapcsolódó publikációk:

1. Rácz-Szabó András, Ruppert Tamás és Abonyi János. "Data reconciliation of indoor positioning data: Improve position data accuracy in warehouse environment." *MethodsX*. 2024 Dec 1;13:102838. [2]

3. Kifejlesztettem egy többrétegű hálózati megközelítést az értékteremtő és nem értékteremtő tevékenységek azonosítására pozícióadatok alapján.

- Bemutattam, hogyan azonosíthatók a tevékenységek többrétegű hálózati megközelítéssel.
- Városi mobilitási mintázatok elemzését végeztem, amelyek egyensúlyi és optimalizációs erőforrásáramlásokat tártak fel.
- A módszer intralogisztikai környezetben való alkalmazhatóságát is bemutattam.

Kapcsolódó publikációk:

1. Rácz-Szabó András, Ruppert Tamás és Abonyi János. "Multilayer Network-Based Evaluation of the Efficiency and Resilience of Network Flows." *Complexity* 2025, no. 1 (2025): 6940097. [3]

4. Kifejlesztettem egy DBSCAN-alapú megközelítést az értékteremtő és nem értékteremtő tevékenységek azonosítására intralogisztikai környezetben.

- Bemutattam, hogyan különíthetők el az értékteremtő és nem értékteremtő tevékenységek a DBSCAN-alapú klaszterezési algoritmus segítségével az intralogisztikai műveletekben.
- Esettanulmányt mutattam be, amely a targoncák mozgásmintáira fókuszál egy raktári környezetben, értékes betekintést nyújtva az erőforrások elosztásának optimalizálásába és a holtidők csökkentésébe.
- Egy módosított DBSCAN algoritmust vezettem be, amely pontosítja a nem értékteremtő tevékenységek azonosítását a pozícióadatok elemzése révén. Az algoritmus javította a klaszterezés pontosságát azáltal, hogy további mozgás adatokat és feltételeket integrált, megkönnyítve a feladatütemezést és az erőforrások hatékonyabb kihasználását a gyártási rendszerekben.

Kapcsolódó publikációk:

1. Rácz-Szabó András, Ruppert Tamás és Abonyi János. "Clustering and network analysis of mobility patterns as an analysis tool for lean project." *Emerging Science Journal* 2024, Volume 9, Issue 01. [4]

5. Vizsgáltam az RTLS pozícióadatok alkalmazási lehetőségeit a mikrológisztikai és anyagmozgatási folyamatok támogatására.

- Bemutattam, hogyan szolgálhatnak az RTLS adatok alapul az AGV-k ütemezésének és koordinációjának javításához gyártási rendszerekben.

-
- Elemeztem a Reinforcement Learning és a Markov-döntési folyamatok alkalmazhatóságát az AGV-k ütemezésére, az erőforrás-kihasználás javítására és a feladatallokáció optimalizálására.
 - Kialakítottam egy keretrendszert, amely integrálja az RTLS adatokat fejlett algoritmikus technikákkal, támogatva az operatív döntéshozatalt és a logisztikai folyamatok hatékonyságának növelését.

Kapcsolódó publikációk:

1. András Rácz-Szabó, Tamás Ruppert, and János Abonyi. "Enhancing material supply for an automated production line by implementing a Markov Decision Process model for AGV-based material handling." In 2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), pp. 000193-000198. IEEE, 2024. [5]
2. András Rácz-Szabó, Tamás Ruppert, and János Abonyi. "Improving micrologistics processes by indoor positioning system and the tools of data science." In PCS Science, ISBN 978-615-01-9235-2, published by Eclipse Solutions Ltd, 2023. Available at: <http://pcsmeeting.hu/science/>. [6]

4 Eredmények felhasználása

A pozícióadatok elemzése kulcsfontosságú eszköz térbeli és időbeli folyamatok megértésében és optimalizálásában. Az értekezésben bemutatott algoritmusok esettanulmányokon keresztül igazolják alkalmazhatóságukat és adaptálhatóságukat, lehetőséget teremtve döntéstámogató rendszerek fejlesztésére logisztikai és gyártási feladatokban.

RÁCZ-SZABÓ ANDRÁS publikációi

2024 December

Jelenlegi h-index: 1

Jelenlegi i10-index: 1

Jelenlegi hivatkozások száma: 81

Tézisekhez kapcsolódó publikációk

1. András RÁCZ-SZABÓ, Tamás Ruppert, László Bántay, Andreas Löcklin, László Jakab, and János Abonyi. "Real-time locating system in production management." *Sensors* 20, no. 23 (2020): 6766.
2. András RÁCZ-SZABÓ, Tamás Ruppert, and János Abonyi. Data reconciliation of indoor positioning data: Improve position data accuracy in warehouse environment. *MethodsX*. 2024 Dec 1;13:102838.
3. András RÁCZ-SZABÓ, Tamás Ruppert, and János Abonyi. "Multilayer Network-Based Evaluation of the Efficiency and Resilience of Network Flows." *Complexity* 2024, no. 1 (2024): 6940097.
4. András RÁCZ-SZABÓ, Tamás Ruppert, and János Abonyi. "Clustering and network analysis of mobility patterns as an analysis tool for lean project." *Emerging Science Journal* 2025 Volume 9, Issue 01.
5. András RÁCZ-SZABÓ, Tamás Ruppert, and János Abonyi. "Enhancing material supply for an automated production line by implementing a Markov Decision Process model for AGV-based material handling." In *2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)*, pp. 000193-000198. IEEE, 2024.
6. András RÁCZ-SZABÓ, Tamás Ruppert, and János Abonyi. "Improving micrologistics processes by indoor positioning system and the tools of data science." In *PCS Science*, ISBN 978-615-01-9235-2, published by Eclipse Solutions Ltd, 2023. Available at: <http://pcsmeeting.hu/science/>.